5.5 ASCENSOS.

El ascenso (climb) es una maniobra básica durante la cual una combinación adecuada de potencia y actitud hace ganar altura al avión. En este capítulo se recogen los aspectos de interés así como la técnica a seguir para la realización de esta maniobra.

5.5.1 Las claves del ascenso.

La mayoría de los libros de aviación sintetizan las claves del ascenso en dos palabras: *potencia* y *actitud*. Pero la actitud no es mas que un medio de controlar el ángulo de ataque por lo que sería más apropiado hablar de potencia y ángulo de ataque. Como resulta que a falta de indicador de ángulo de ataque la mejor información sobre este la proporciona el indicador de velocidad (ver cap.1.7), podríamos concluir que las claves del ascenso son: *potencia* y *velocidad*.

La potencia es necesaria en primer lugar para vencer la resistencia al avance del avión. La cantidad de resistencia a vencer depende de la velocidad de una forma cuya expresión gráfica se muestra en la figura 5.5.1.

Esta figura, muestra la evolución de la resistencia con la velocidad(1) mediante la curva de potencia necesaria para contrarrestarla; su punto más bajo corresponde a la velocidad que genera menor resistencia.
En otra curva se representa la potencia máxima disponible, la cual debe su forma a la pérdida gradual de eficiencia del sistema propulsor. La distancia vertical entre ambas muestra la potencia que, una vez vencida la resistencia, queda excedente para ascender con una determinada velocidad.

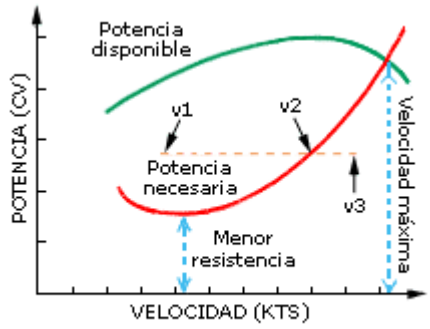

Fig.5.5.1 - Potencia necesaria y disponible.

La intersección de ambas curvas indica la velocidad máxima, aquella en que toda la potencia se consume en vencer la resistencia no quedando cantidad disponible para el ascenso.

Para una misma potencia aplicada, representada por la línea discontinua de la figura, con velocidad *v1* el avión está en ascenso; con *v2* vuela nivelado y con *v3* está en descenso.

Obviamente, las curvas mostradas reflejan una aproximación general, la gráfica exacta para un avión determinado dependerá de los mismos factores que afectan a la resistencia y la potencia.
Dado que con la disminución de la densidad del aire disminuyen el rendimiento y la resistencia, es de esperar un ligero desplazamiento de ambas curvas en función de dicha densidad, desplazamiento que será mayor cuanto mayor sea la altitud de densidad. De la misma forma, la posición de la curva de potencia disponible se desplazará más arriba o abajo según que el motor esté produciendo más o menos potencia (más o menos apertura de la palanca de gases).

La figura anterior ya permite comenzar a extraer algunas conclusiones:

- Mantener una determinada velocidad requiere potencia suficiente para vencer la resistencia.
- Volar con una velocidad superior o inferior a la de menor resistencia requiere más potencia.
- Para cualquier velocidad dada, ascender requiere más potencia que mantener el vuelo nivelado.
- Si se aplica más potencia, el excedente de vencer la resistencia provoca que el avión ascienda.

Fijándonos en la fig.5.5.2, que muestra la curva de potencia necesaria desde otro punto de vista, llegamos a las mismas conclusiones: si se aumenta la potencia el avión asciende (o desciende con una menor tasa de descenso) y para una misma velocidad, la tasa de ascenso depende de la potencia aplicada.
Vemos como con un 70% de potencia aplicada el avión vuela nivelado a 90 nudos, pero con esa misma velocidad y el 90% de potencia el avión asciende.

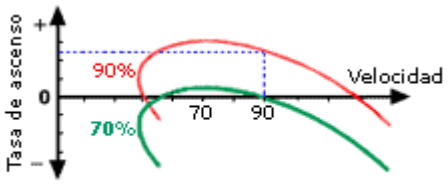

Fig.5.5.2 - Ascenso s/potencia aplicada.

Otra conclusión interesante de la figura anterior, es que para una misma potencia (70%), con una velocidad (90 nudos) se mantiene el vuelo nivelado mientras que con otra (70 nudos) se asciende. Es lógico, el gráfico de la fig.5.5.1 mostraba que distintas velocidades implican distintas resistencias, así que una misma potencia puede equilibrar la resistencia, puede dejar excedente para ascender, o puede ser deficitaria y hacernos descender. Esto nos conduce a la segunda clave del ascenso: la *velocidad*. Lo vemos mucho mejor con el gráfico de la fig.5.5.3

En este gráfico, se observa que con una potencia constante se puede obtener la misma tasa de ascenso con una baja velocidad (**v**) o con una velocidad mucho más alta (**v'**).
La baja velocidad supone un alto ángulo de ataque lo cual implica una gran resistencia inducida, gastándose una buena cantidad de potencia en contrarrestar esa resistencia. Con alta velocidad, de nuevo la mayor parte de la potencia aplicada se consume en vencer la resistencia quedando muy poca para ascender. (2)

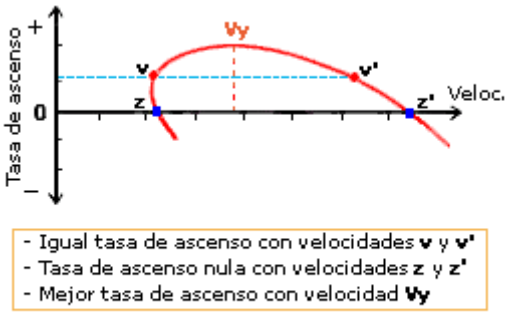

Fig.5.5.3 - Ascenso s/potencia y velocidad.

En un caso extremo de baja (**z**) o alta velocidad (**z'**), toda la potencia se consumirá en vencer la resistencia imposibilitando el ascenso del avión.

Un caso así podría darse si despegando de campo blando intentamos ascender antes de alcanzar la velocidad de ascenso; en el momento en que el efecto suelo no es significativo, un avión con poca potencia puede consumir toda en vencer la resistencia dejando al avión en una situación en que es incapaz de ascender o acelerar (ver 5.3.2).

Del gráfico anterior se puede colegir que, con una misma potencia, hay un rango de velocidades (próximas a **Vy**) dentro del cual se obtiene la mayor tasa de ascenso. Este gráfico también ratifica que en realidad la mejor tasa de ascenso corresponde a un ángulo de ataque determinado (el que corresponde a la velocidad de menor resistencia).

Resumiendo, las claves del ascenso son:

- Ascender requiere más potencia que el vuelo nivelado.
- Aumentar la potencia manteniendo el ángulo de ataque (la velocidad) hace que el avión ascienda.
- Con una misma potencia, de todas las velocidades posibles la mejor tasa de ascenso se obtiene con una específica. Esta se corresponde con un ángulo de ataque determinado.
- La mejor tasa de ascenso no se obtiene con un mayor ángulo de ataque (actitud de ascenso muy pronunciada) sino con una combinación adecuada de potencia y velocidad.

Existen otras causas que nos pueden hacer ganar altura, como por ejemplo: una corriente ascendente debido a una térmica, o un intercambio de energía cinética (velocidad) por energía potencial (altitud).
En el primer caso, las térmicas están ahí, en la atmósfera; sus efectos pueden hacernos ganar altura o perderla según el caso; podemos aprovecharnos de ellas si nos interesa o intentar evitarlas si nos perjudica, pero en cualquier caso no tenemos control sobre ellas ni podemos generarlas. Bajo el enfoque de este capítulo, como provocar que el avión gane altura, este factor queda al margen.

El segundo caso no es una maniobra sino el efecto producido cuando, sin aumentar la potencia, se incrementa el ángulo de ataque y el avión sube unos pies a costa de perder velocidad. Dependiendo de las circunstancias este efecto puede ser peligroso y terminar en una pérdida, o por el contrario puede ser aprovechado para corregir un exceso de velocidad y un déficit de altura. Este intercambio de energía produce un aumento temporal de la altura pero no un ascenso constante ni sostenido.

Respecto a las fuerzas que actúan sobre el avión, un detalle, ya mencionado en el cap.1.3, es que durante un ascenso con baja velocidad y mucha potencia la sustentación es menor que el peso, pero el empuje soporta parte de dicho peso; el componente horizontal del vector de sustentación es contrarrestado por el componente vertical del vector de empuje.

5.5.2 Velocidades de ascenso.

No existe una forma única de ascender, sino que hay varias a elegir dependiendo de la situación en que nos encontremos y como queremos ascender: si se despega de un aeródromo con obstáculos, querremos la mejor velocidad que permita salvar ese obstáculo; en otros casos se desea alcanzar la altura de seguridad en el menor tiempo posible; si el aeródromo tiene mucho tráfico puede interesar una velocidad de ascenso que suponga poco morro arriba y permita buena visibilidad; si queremos ganar altura en vuelo de crucero, posiblemente queramos una velocidad que permita el mejor compromiso de visibilidad y una eficiente refrigeración del motor, etc...

Mantener una velocidad particular durante un ascenso permite obtener el mejor rendimiento, pero la respuesta a ¿cual es el mejor rendimiento? veremos que depende de las circunstancias. Antes de entrar en más detalles conviene refrescar (ver 5.2.2) las velocidades de referencia habituales para ascensos:

- La velocidad de mejor ángulo de ascenso (best angle of climb), representada como **Vx**, es aquella que proporciona la mayor ganancia de altitud en la menor distancia horizontal posible.
- La velocidad de mejor tasa de ascenso (best rate of climb), representada como **Vy**, es la que proporciona una mayor ganancia de altitud en el menor tiempo posible.

Los distintos tipos de ascenso podríamos clasificarlos en función de la velocidad a mantener en: con mejor tasa de ascenso; con mejor ángulo de ascenso; ascenso normal, y ascenso en crucero.

Ascenso con velocidad de mejor tasa (Vy). Si se pretende ganar altura lo más rápidamente posible, esta es la velocidad a mantener. Se usa en despegues normales, o con obstáculos después de franquear estos. También cuando se necesita ascender para sobrepasar en crucero una elevación del terreno si ha de hacerse en el menor tiempo posible. En algunos aviones, mantener esta velocidad durante mucho tiempo puede producir sobrecalentamiento; conviene vigilar la temperatura del aceite.

Ascenso con velocidad de mejor ángulo (Vx). Esta velocidad solo se emplea prácticamente en despegues con obstáculos o campo corto. El posible calentamiento del motor no hace recomendable mantener esta velocidad durante un largo periodo de tiempo.

Ascenso normal. Como el propio término indica, este modo de ascenso es el utilizado en circunstancias normales. La velocidad a mantener es más alta que la de mejor tasa de ascenso (Vy) y suele ser recomendada para un ascenso rutinario porque:

- Mayor velocidad implica menor ángulo de ataque y por tanto menor actitud de morro arriba, lo cual proporciona mejor visibilidad.
- Aunque la velocidad ascensional (tasa de ascenso en f.p.m.) es menor que con velocidad Vy, la velocidad horizontal (hacia adelante) y la distancia recorrida es mayor.
- Esta velocidad algo superior incrementa el flujo de aire que refrigera el motor.

Algunos manuales especifican esta velocidad, otros no y otros la denominan velocidad de ascenso en crucero, incluso hay libros que hacen distinciones entre ambas. En realidad, durante un ascenso rutinario lo habitual es mantener la velocidad normal de ascenso o alguna otra superior según nuestra conveniencia, confort, mejor cuidado del motor, y mejor visibilidad.

La fig.5.5.4 muestra a modo de ejemplo la tabla de velocidades de ascenso indicadas por el fabricante (Piper Aircraft Corp.) para el modelo Archer II. En ella se señala una velocidad Vy de 76 nudos, Vx de 64 nudos y 87 nudos para ascenso en ruta. Esta última velocidad es la que a juicio del constructor proporciona el mejor desplazamiento horizontal y la mejor visibilidad hacia adelante.

PA-28-181 CHEROKEE ARCHER II

CLIMB

Best rate (flaps up)..... 76 KIAS
Best angle (flaps up)..... 64 KIAS
En route..... 87 KIAS

Fig.5.5.4 - Velocidades de ascenso.

El gráfico de la fig.5.5.5 muestra de forma aproximada las velocidades anteriores. Observando un detalle que ya conocemos, la velocidad Vy proporciona una tasa de ascenso ligeramente mayor que la dada por Vx, podríamos preguntarnos ¿porqué se utiliza Vx para salvar obstáculos y no Vy?. Pues porque no podemos olvidar que el avión no solo se mueve verticalmente (ascenso) sino también horizontalmente, y al ser Vx una velocidad más lenta se tarda más en llegar al obstáculo y ello supone más tiempo para acumular altura en la misma distancia horizontal.
Ah, muy bien, pues entonces ¿porque no utilizar una velocidad más baja que Vx para que tengamos más tiempo?. Pues sencillamente porque el incremento de la resistencia consumiría buena parte de la potencia necesaria para ascender.

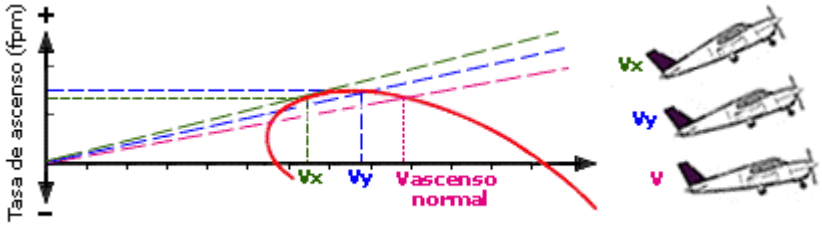

Fig.5.5.5 - Velocidades y actitudes de ascenso.

En esta misma figura se reflejan a modo de ejemplo las distintas actitudes de morro a mantener para cada una de las velocidades de ascenso. Trazando líneas que desde el origen de las coordenadas del gráfico pasen por los puntos de la curva que representan las distintas velocidades, la diferente inclinación de cada una de ellas proporciona una visión gráfica relativa de la senda de ascenso y actitud de morro para cada una de ellas.

5.5.3 Realización de la maniobra.

Sabemos que aumentar la potencia hace que el avión ascienda, así que el procedimiento de ascenso pasa por incrementar la potencia, abra más gases. Abrir más gases garantiza que ascendemos, pero no que realizamos el mejor ascenso. Si como es normal queremos obtener el mejor ascenso para la potencia aplicada, será necesario mantener una velocidad determinada, así que ponga al avión con la actitud de morro arriba que estime apropiada para mantener dicha velocidad.
Así de fácil es el procedimiento de ascenso normal: poner la potencia indicada para un ascenso normal y adoptar una posición de cabeceo que mantenga esa velocidad, o viceversa.

Al principio se hace un poco difícil apreciar la cantidad de morro arriba a poner y la cantidad de gases a aplicar, y además ambos movimientos se hacen en secuencia, pero a medida que se gana en experiencia ambos mandos se moverán simultáneamente.

Otros tipos de ascenso son más fáciles todavía: si resulta que tenemos aplicada toda la potencia (como en el despegue), simplemente tenemos que controlar la velocidad de ascenso por la que optamos.

La velocidad de ascenso se controla con la actitud (ángulo de ataque); si la velocidad decrece baje algo el morro (menos ángulo de ataque); si aumenta ponga algo más de morro arriba (más ángulo de ataque). Chequee la posición de morro respecto al horizonte y compruébela con el indicador de actitud; chequee en el anemómetro si mantiene la velocidad de ascenso. Utilice el compensador.

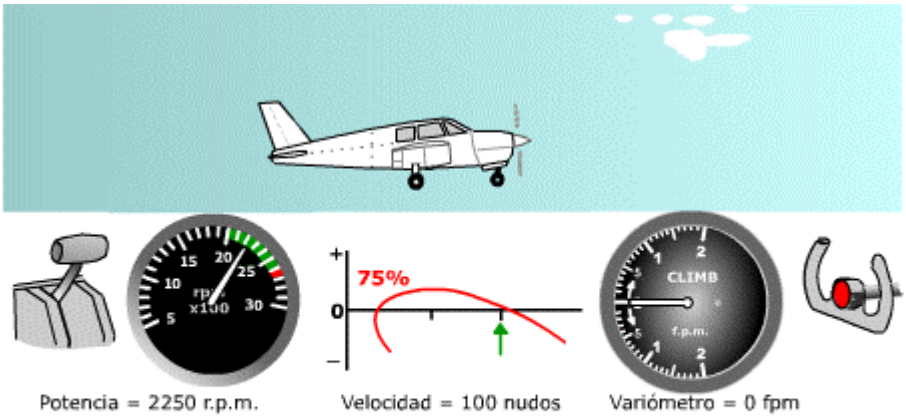

Fig.5.5.6 - Realización de la maniobra de ascenso.

La realización de esta maniobra tal como se ha explicado, denominada ascenso a velocidad constante, supone que la tasa de ascenso (fpm indicados en el variómetro) es indiferente, queremos ascender manteniendo una velocidad determinada para la potencia aplicada y nos trae sin cuidado que la tasa de ascenso sea de 300, 500, o 700 fpm. Pero puede suceder que deseemos ascender con una tasa constante (p.ejemplo 500 fpm) sin importar tanto la velocidad, o más todavía, queremos ascender manteniendo una tasa de ascenso y una velocidad constantes.
La realización de la maniobra es igual, abrir gases y adoptar una actitud de morro adecuada, pero el control es algo diferente:

- Si interesa únicamente mantener una tasa de ascenso constante, lo más lógico es adoptar una actitud de morro que proporcione una velocidad cercana a Vy y controlar la tasa de ascenso con los gases; otras velocidades suponen un gasto innecesario de energía para vencer una mayor resistencia, salvo que se quiera obtener una mejor visibilidad y/o refrigeración en cuyo caso se opta por una velocidad algo mayor (menos morro arriba).
- Si queremos mantener constantes una velocidad y tasa de ascenso concretas, debemos poner una actitud de morro adecuada a la velocidad a mantener, y una vez conseguida, compensar el avión para esa velocidad y controlar la tasa de ascenso aplicando más o menos gases.

Pasar de ascenso a vuelo recto y nivelado. Antes de alcanzar la altura deseada corte algo los gases. La regla es anticiparse a la altura requerida en una cantidad de pies igual al 10% de la tasa de variómetro. Por ejemplo: si se sube con 500 fpm de variómetro, cortar algo los gases 50 ft. antes. La propia inercia nos llevará a la altura requerida.

En la altura requerida, baje el morro a una actitud que permita al avión acelerar a velocidad normal de crucero, compense el avión para ese ángulo de ataque, y ponga las rpm o presión de manifold requeridos para vuelo de crucero. Controle la altura mediante el mando de gases.

Supongamos que estamos ascendiendo y queremos pasar a vuelo nivelado. El primer paso será cambiar la trayectoria y hacerla horizontal, para lo cual tendremos que bajar el morro en la misma cuantía que lo teníamos arriba. Durante el breve tiempo que la dirección de vuelo está cambiando el aeroplano está en desequilibrio: la sustentación es menor que el peso y el factor de carga sobre el avión y sus ocupantes en ligeramente menor a 1 G.

En este punto, dado que la trayectoria y la actitud de morro han cambiado juntos y en la misma cantidad, por el momento el ángulo de ataque es el mismo que teníamos durante el ascenso. y la velocidad sigue siendo la misma.
Para acelerar de velocidad de ascenso a velocidad de crucero debemos mantener la trayectoria horizontal, lo cual significa que debemos decrecer gradualmente la actitud de morro para disminuir el ángulo de ataque: necesitamos aplicar progresivamente cuernos adelante. Dado que el avión ya no está ascendiendo, la potencia que previamente se dedicaba a incrementar la altitud pasará a incrementar la velocidad, de manera que cuando el aeroplano alcance la velocidad de crucero será necesario minorar la potencia (cortar algo los gases).

El procedimiento de ascenso normal expuesto supone actuar sobre dos mandos (gases y volante de control) o tres (los anteriores y la palanca de paso de la hélice) de forma coordinada, tanto para ascender como para volver a una situación de vuelo nivelado. Pero resulta que si lo único que se quiere es recuperar unos pocos pies de altura (100 por ejemplo), tanto ajuste en los mandos se hace un poco tedioso. En este caso es perfectamente aceptable actuar solo sobre el volante de control para recuperar la altura; tirando del mismo, aumenta el ángulo de ataque; el avión ascenderá perdiendo algo de velocidad (cambiamos velocidad por altura), y una vez recuperada la altitud se baja el morro disminuyendo el ángulo de ataque y dejando que el avión vuelva a acelerar a la velocidad deseada. Es normal corregir unos cuantos pies solo mediante el volante de control siempre y cuando se tenga suficiente potencia.
Si lo que se desea es recuperar esos pies sin cambiar de velocidad, entonces basta con abrir más gases sin tocar el volante de control.

5.5.4 Otros aspectos del ascenso.

Para mantener una tasa de ascenso razonable una regla es decrecer la velocidad de ascenso indicada para el nivel del mar alrededor de 2 nudos por cada 1000 pies de altitud sobre el nivel del mar, excluidos los 1000 primeros. Suponiendo que la velocidad de ascenso recomendada es de 90 nudos, a una altitud de 2000 pies la velocidad recomendada sería de 88 nudos, a 3000 pies de 86 nudos, etc...

Durante un ascenso normal la velocidad de mejor ángulo de ascenso (Vx) es necesariamente menor que la velocidad de mejor tasa de ascenso (Vy). A medida que la tasa de ascenso decrece (por un incremento de la altitud de densidad o una reducción de potencia) Vx se incrementa y se torna cercana a Vy, llegando a igualarse cuando el avión alcanza su techo máximo (absolute ceiling). En este último caso se produce una situación interesante: toda la potencia solo alcanza justamente para volar nivelado con velocidad Vy.

Antes de iniciar la maniobra observe detenidamente el área adelante y arriba del avión; cuando un aeroplano asciende la actitud de morro arriba dificulta la visión hacia adelante.

Es de esperar que durante el ascenso se produzca guiñada adversa, cuya intensidad será mayor cuanto mayor sea la potencia aplicada y menor la velocidad del avión. Es posible que dada la tendencia a corregir con las manos (con el volante de control), la reacción sea aplicar alerones para mantener el vuelo recto, y efectivamente lo mantendrá, pero la resistencia producida en los alerones restará energía al ascenso y este se realizará con una menor tasa. Usar los pedales para corregir la guiñada incrementará la tasa de ascenso, así que aplique pié derecho en la cuantía necesaria para corregir la guiñada adversa.

Soportar la presión del volante de control para mantener la actitud de cabeceo supone un esfuerzo y el compensador está ahí precisamente para ahorrarnoslo, utilícelo.

Si ha de girar durante el ascenso realice un giro suave (no más de 30º). Un mayor grado de alabeo causará una reducción considerable en la tasa de ascenso, pues el factor de carga adicional requiere incrementar la sustentación lo cual consumirá buena parte de la potencia aplicada.

Los flaps se emplean en ascensos inmediatos al despegue, pero no se utilizan en ascensos normales por la resistencia añadida que suponen. El flap extendido ofrece más sustentación pero incrementa la resistencia y minora la tasa de ascenso. Si los ha extendido para el despegue, retráigalos una vez alcanzada la altura de seguridad.

Salvo que haya riesgo de hielo en el carburador no aplique calefacción al mismo.

Antes de abrir gases, conviene asegurarse que la palanca de mezcla esté en Full Rich.

Durante un ascenso prolongado conviene bajar el morro a intervalos regulares para observar el área hacia adelante.

Como es de imaginar, la densidad del aire, la humedad relativa, el peso, etc.. influyen sobre la tasa de ascenso. Un relativamente buen rendimiento en ascenso es de esperar en un día frío y seco estando a nivel del mar o pocos pies por encima, mientras que en un día caluroso, húmedo, con el avión cargado al máximo permitido y a 4000 pies de altitud el ascenso será pobre.

Para mantener la velocidad deseada no existe efecto de viento en cara o cola, pues el anemómetro refleja esto. No obstante, con viento en cara el obstáculo se aleja, y por lo tanto tardaremos más en llegar al mismo. El viento en cola disminuye la senda de ascenso y "acerca" el obstáculo.

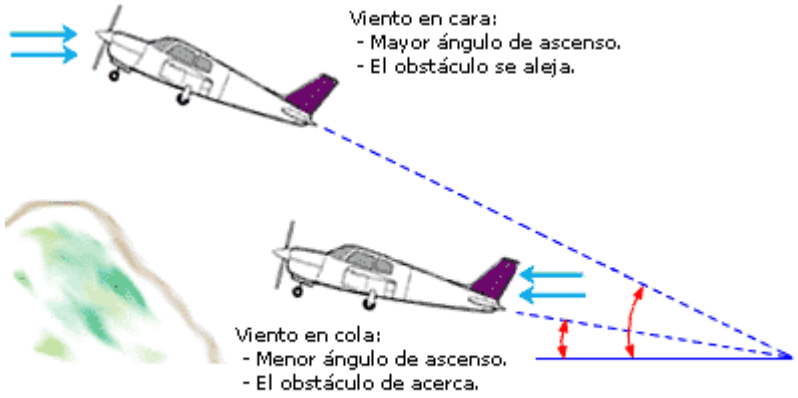

Fig.5.5.7 - Efecto del viento, en cara o en cola, sobre el ascenso.

Sumario.

- Las claves del ascenso son: potencia y velocidad.
- Ascender requiere más potencia que volar nivelado.
- Aumentar la potencia manteniendo el ángulo de ataque (la velocidad) hace que el avión ascienda.
- Para cualquier potencia aplicada, de todas las velocidades posibles la mejor tasa de ascenso se obtiene con una específica.
- La mejor tasa de ascenso se obtiene con una combinación adecuada de potencia y velocidad.
- Durante un ascenso con baja velocidad y mucha potencia la sustentación es menor que el peso, pero el empuje soporta parte de dicho peso.
- Si se pretende ganar altura lo más rápidamente posible, la velocidad a mantener es la de mejor tasa de ascenso (Vy). Se usa en despegues normales, o con obstáculos después de franquear estos, y siempre que se desee ascender en el menor tiempo posible.
- La velocidad de mejor ángulo de ascenso (Vx) solo se emplea prácticamente en despegues con obstáculos o campo corto.

- No es recomendable mantener las velocidades de ascenso anteriores durante un largo periodo de tiempo, debido al posible calentamiento del motor.
- La velocidad de ascenso normal es algo más alta que la de mejor tasa de ascenso (Vy) y suele ser recomendada para un ascenso rutinario porque: (1) mayor velocidad implica menor ángulo de ataque y por tanto menor actitud de morro arriba, lo cual proporciona mejor visibilidad; (2) esta velocidad algo mas alta incrementa el flujo de aire que refrigera el motor.
- Durante este tipo de ascenso, normalmente la conveniencia, el confort, el mejor cuidado del motor y la mejor visibilidad adelante son los parámetros principales a tener en cuenta.
- El procedimiento de ascenso normal se realiza incrementando la potencia y adoptando una posición de morro que mantenga la velocidad de ascenso normal.
- Al principio es algo difícil apreciar la cantidad de morro arriba a poner y la cantidad de gases a aplicar, haciéndose además ambos movimientos en secuencia, pero a medida que se gana en experiencia ambos mandos se moverán simultáneamente.
- La velocidad de ascenso se controla con la actitud (ángulo de ataque); si la velocidad decrece baje algo el morro (menos ángulo de ataque); si aumenta ponga algo más de morro arriba (más ángulo de ataque).
- Antes de alcanzar la altura deseada corte algo los gases, la inercia del avión terminará el ascenso.
- En la altura requerida, baje el morro a una actitud que permita al avión acelerar a velocidad normal de crucero, compense el avión para ese ángulo de ataque, y ponga las r.p.m. o presión de manifold requeridos para vuelo de crucero.
- Es admisible recuperar unos pocos pies de altura actuando solo sobre el volante de control, siempre y cuando se esté volando con un régimen de potencia suficiente.
- Antes de iniciar la maniobra observe detenidamente el área delante y arriba del avión; cuando un aeroplano asciende la actitud de morro arriba dificulta la visión hacia adelante.
- Es de esperar que se produzca guiñada adversa durante el ascenso, cuya intensidad será mayor cuanto mayor sea la potencia aplicada y menor la velocidad del avión. Aplique pedal derecho en la cuantía necesaria para corregirla.
- Un giro con más de 30º de alabeo causará una reducción considerable en la tasa de ascenso debido al factor de carga adicional; si ha de girar no sobrepase ese grado de alabeo.
- La densidad del aire, la humedad relativa, el peso, etc.. influyen sobre la tasa de ascenso.
- Mantener una velocidad de ascenso no esta afectado por el efecto de viento en cara o cola, pues el anemómetro refleja esto. No obstante, con viento en cara el obstáculo se aleja y tardaremos más en llegar al mismo, mientras que con viento en cola disminuye la senda de ascenso y el obstáculo se "acerca".

© M.A.Muñoz Ago/2001

---

(1). Sería más preciso decir que depende del ángulo de ataque.

(2). Las velocidades v y z del gráfico solo tienen sentido pedagógico. En realidad con estas velocidades no hay ascenso pues el avión estaría en pérdida.